

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11295561 A**

(43) Date of publication of application: **29 . 10 . 99**

(51) Int. Cl.

**G02B 6/42**  
**G02B 6/32**  
**H01L 31/0232**  
**H01L 33/00**

(21) Application number: **10099164**

(22) Date of filing: **10 . 04 . 98**

(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(72) Inventor:  
**FUKUDA KAZUYUKI**  
**SHIMAOKA MAKOTO**  
**TAKAHASHI SHOICHI**  
**YOSHIDA KOJI**  
**KIKUCHI SATORU**  
**ISHIKAWA TADAAKI**

(54) **OPTICAL SEMICONDUCTOR DEVICE AND  
MANUFACTURE THEREFOR**

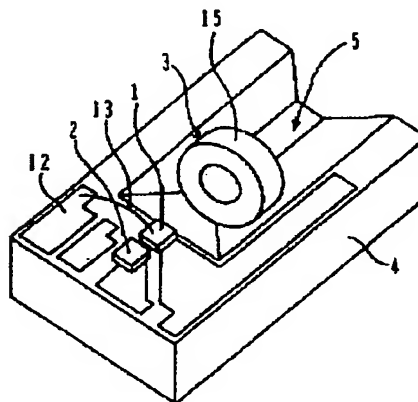
at least at two parts with the V groove 5.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To adjust the position of an aspherical lens by easy work in a short time without using a special equipment and to optically couple a semiconductor element and an optical fiber with high efficiency.

**SOLUTION:** In this optical semiconductor device provided with a laser diode 1, a photodiode 2, a silicon substrate 4 for loading the semiconductor elements 1 and 2, the optical fiber optically coupled with the semiconductor elements 1 and 2 for internally transmitting laser beams and the aspherical lens 3 loaded on the silicon substrate 4 for optically coupling the semiconductor elements 1 and 2 and the optical fiber, the silicon substrate 4 is provided with a V groove 5 whose axis is in almost the same direction as the optical axis direction of the laser beam between the semiconductor elements 1 and 2 and the optical fiber and the aspherical lens 3 is directly fixed to the V groove 5 so as to bring the outer peripheral surface 15 into surface contact at least on two surfaces or line contact



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-295561

(43) 公開日 平成11年(1999)10月29日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 6/42

G 0 2 B 6/42

6/32

6/32

H 0 1 L 31/0232

H 0 1 L 33/00

M

33/00

31/02

C

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平10-99164

(22) 出願日

平成10年(1998)4月10日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 福田 和之

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72) 発明者 嶋岡 誠

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72) 発明者 高橋 正一

東京都小平市上水本町五丁目20番地1号

株式会社日立製作所半導体事業部内

(74) 代理人 弁理士 春日 譲

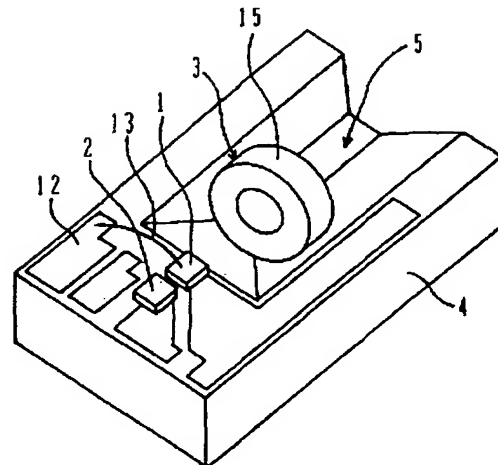
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光半導体装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 特殊な設備を用いることなく、短時間かつ容易な作業で非球面レンズの位置調整を行い、高い効率で半導体素子と光ファイバとを光結合させる。

【解決手段】 レーザダイオード1及びフォトダイオード2と、これら半導体素子1, 2を搭載するシリコン基板4と、半導体素子1, 2と光学的に結合されレーザ光を内部伝送する光ファイバと、シリコン基板4に搭載され半導体素子1, 2と光ファイバとを光学的に結合させる非球面レンズ3とを有する光半導体装置において、シリコン基板4は、軸線が半導体素子1, 2と光ファイバとの間のレーザ光の光軸方向と略同じ方向であるV溝5を備えており、非球面レンズ3は、その外周面15がV溝5に少なくとも2面で面接触するか又は少なくとも2箇所線で接触するように、V溝5に直接固定されている。



- 1: レーザダイオード (半導体発光素子)
- 2: フォトダイオード (半導体受光素子)
- 3: 非球面レンズ (レンズ)
- 4: シリコン基板 (基板部材)
- 5: V溝 (溝部)
- 12: メタライズ配線
- 13: ファイバボンディング
- 15: レンズ外周面

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体発光素子及び半導体受光素子のうち少なくとも一方からなる半導体素子と、この半導体素子を搭載する基板部材と、前記半導体素子と光学的に結合されレーザ光を内部伝送する光ファイバと、前記基板部材に搭載され、前記半導体素子と前記光ファイバとを光学的に結合させるレンズとを有する光半導体装置において、

前記基板部材は、軸線が半導体素子と前記光ファイバとの間のレーザ光の光軸方向と略同じ方向である溝部を備えており、

前記レンズは、その外周面が前記溝部に少なくとも2面で面接触するか又は少なくとも2箇所で線接触するように、前記溝部に直接固定されていることを特徴とする光半導体装置。

【請求項2】請求項1記載の光半導体装置において、前記溝部は、その横断面形状が、略V字形状、略台形形状、及び略矩形形状のうちいずれか1つであることを特徴とする光半導体装置。

【請求項3】請求項2記載の光半導体装置において、前記溝部は、異方性エッチングによって形成されていることを特徴とする光半導体装置。

【請求項4】請求項1記載の光半導体装置において、前記レンズは、筒状部分を備えており、この筒状部分が、前記溝部に面接触するか又は少なくとも2箇所で線接触するように前記溝部に直接固定されていることを特徴とする光半導体装置。

【請求項5】請求項4記載の光半導体装置において、前記レンズは、前記筒状部分のレンズ中心軸方向長さを $t$ 、該レンズの外径を $D$ としたとき、

$$(1/15) \leq (t/D) < 1$$

となるように構成されていることを特徴とする光半導体装置。

【請求項6】請求項5記載の光半導体装置において、前記半導体素子から前記筒状部分までの距離を $L$ 、前記レンズの焦点距離を $f$ としたとき、

$$0.7 \times (D/2) \leq L \leq f$$

となるように配置されていることを特徴とする光半導体装置。

【請求項7】請求項4記載の光半導体装置において、前記レンズは、前記筒状部分の両側に位置し、レーザ入射側端部又は出射側端部となる2つの曲率部分を備えており、一方の曲率部分の前端から他方の曲率部分の後端までのレンズ厚さを $T$ としたとき、

$$T < D$$

となるように構成されていることを特徴とする光半導体装置。

【請求項8】半導体発光素子及び半導体受光素子のうち少なくとも一方からなる半導体素子と、この半導体素子を駆動制御する電子部品素子と、前記半導体素子及び前

記電子部品素子を搭載する基板部材と、前記半導体素子と光学的に結合されレーザ光を内部伝送する光ファイバと、前記基板部材に搭載され、前記半導体素子と前記光ファイバとを光学的に結合させるレンズと、前記半導体素子を装置外部に電気的に接続するためのメタライズ配線及びリード端子と、前記基板部材を収納するケースと、前記光ファイバを内設し、前記ケースの一端に設けたパイプ端に取り付けられたフェルールとを有する光半導体装置において、

前記基板部材は、軸線が半導体素子と前記光ファイバとの間のレーザ光の光軸方向と略同じ方向である溝部を備えており、

前記レンズは、その外周面が前記溝部に少なくとも2面で面接触するか又は少なくとも2箇所で線接触するように、前記溝部に直接固定されていることを特徴とする光半導体装置。

【請求項9】請求項1又は8記載の光半導体装置の製造方法において、

前記レンズを吸着部材で吸着し搬送して前記基板部材の溝部に載置し、

前記吸着部材の吸着状態のまま前記半導体素子との距離が所定値となるように前記溝部上で前記レンズの位置を調整した後、弾性を備えた保持部材で前記レンズをその調整された位置に保持し、

この保持状態のまま前記レンズを前記溝部に固定した後、前記吸着部材及び前記保持部材を前記レンズから取り外すことを特徴とする光半導体装置の製造方法。

【請求項10】請求項9記載の光半導体装置の製造方法において、前記保持部材として、ワイヤ部材、テープ部材、パネ部材、衝撃吸収部材、及びこれらの部材を備えた構成部材のうち少なくとも1つを用いることを特徴とする光半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば光通信の光源に用いられ、レンズを介して半導体素子と光ファイバとを光学的に結合させる光半導体装置及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、この種の光半導体装置の構造に係わる公知技術として、例えば、特開平5-37024号公報、特開平4-261076号公報、特開平9-90174号公報、及び特開平6-289256号公報がある。

## 【0003】

【特開平5-37024号公報に記載の光半導体装置は、半導体発光素子と光ファイバとの光結合を球レンズを介して行うものである。すなわち、半導体発光素子を固定するための位置合せパターンを付けた台形溝、球レンズを固定するための十字状のV溝、及び光ファイバを固定するためのV溝が、2枚の半導体ウェハか

らなる光結合用基板にそれぞれ形成されている。そして、それら台形溝及びV溝の深さは、半導体発光素子のレーザ出射部と、球レンズの中心部、及び光ファイバのコアの中心部が一致するように、個々の光デバイスの大きさや形状に応じて設定されている。なお、球レンズの位置調整は、傾き（水平断面内におけるレンズ光軸線とのずれ、以下本明細書中において同様）・倒れ（鉛直断面内におけるレンズ光軸線とのずれ、以下本明細書中において同様）が生じて無視でき光結合効率に影響はないため、半導体発光素子との距離及び高さを合わせるだけで足りる。なお、特開平4-261076号公報にも、ほぼ同様の構成の光半導体装置が開示されている。

【0004】特開平9-90174号公報に記載の光半導体装置は、半導体レーザと光ファイバとの光結合を第1及び第2のレンズを備えた2レンズ系によって行うものである。第1のレンズは半導体レーザから出射したレーザ光を平行光にする非球面レンズであり、第2のレンズは第1のレンズで平行光にされたレーザ光を集光し光ファイバへ入射させる上下部分を削り出した球レンズである。それらのうち、第1のレンズは、半導体レーザを設置した金属材料からなるベースに溶接固定されたレンズホルダに保持されている。なお、非球面レンズである第1のレンズは、上述した球面レンズと異なり、半導体レーザとの距離や高さに加え、レンズの傾き・倒れを最小限にしなければ、半導体レーザとの光軸がずれて高い結合効率を得ることができなくなる。したがって、半導体レーザを駆動させた状態で、第1のレンズを通ってきたレーザ光が平行光となるように半導体レーザと第1のレンズ間の距離・高さ及び第1レンズの傾き・倒れを調整した後、ベースに溶接固定する。なお、特開平6-289256号公報にも、ほぼ同様の構成の光半導体装置が開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術には以下の課題が存在する。

【0006】すなわち、特開平5-37024号公報及び特開平4-261076号公報に記載の光半導体装置は、収差が大きい球レンズを使った光結合系となるため、レーザ光の集光性が悪くなる。その結果、半導体発光素子と光ファイバの結合効率が低くなり、光ファイバからの出力光のレベルが低くなる。そのため、ファイバ出力光のレベルを向上するためには、半導体発光素子から出射するレーザ出力を高くするか、あるいは組立て精度を高めて半導体発光素子と光ファイバの結合損失を最小とする等の方法を取らざるを得ない。しかしながら、前者は半導体発光素子の駆動電流を高くしなければならず、消費電力・発熱量の増大及び半導体発光素子の寿命低下という不都合が生じ、後者は部品コストや組立てコストの低減が困難となる。

【0007】また、特開平9-90174号公報及び特

開平6-289256号公報に記載の光半導体装置は、2つのレンズのうちの第1のレンズとして、球レンズよりも収差が少ない非球面レンズを使った光結合系である。そのため、上記公知例と異なりレーザ光の集光性が良好となるので、半導体レーザと光ファイバの結合効率を高くすることができる。しかしながら、非球面レンズである第1のレンズの組立時には、上記したように半導体レーザを駆動させて非球面レンズを位置調整した後に第1のレンズを溶接固定する方法であるため、第1のレンズを通ってきたレーザ光をモニタしながら平行光となるようにレンズを調整するための特殊な設備が別途必要となる。またこのとき、半導体レーザとレンズとの間の距離・高さ及びレンズの傾き・倒れを調整するために多大な時間が必要となる。さらに、半導体レーザを設置したベースに溶接固定した金属材料製のレンズホルダに第1のレンズを保持する構造であるため、組立て作業が煩雑となる。また、レンズホルダの分だけ部品コストが増大し、さらに装置が大型化するという不都合もある。本発明の目的は、特殊な設備を用いることなく、短時間かつ容易な作業で非球面レンズの位置調整を行い、高い効率で半導体素子と光ファイバとを光結合させることができる光半導体装置及びその製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】（1）上記目的を達成するために、本発明は、半導体発光素子及び半導体受光素子のうち少なくとも一方からなる半導体素子と、この半導体素子を搭載する基板部材と、前記半導体素子と光学的に結合されレーザ光を内部伝送する光ファイバと、前記基板部材に搭載され、前記半導体素子と前記光ファイバとを光学的に結合させるレンズとを有する光半導体装置において、前記基板部材は、軸線が半導体素子と前記光ファイバとの間のレーザ光の光軸方向と略同じ方向である溝部を備えており、前記レンズは、その外周面が前記溝部に少なくとも2面で面接触するか又は少なくとも2箇所で線接触するように、前記溝部に直接固定されていることにより、溝を例えば異方性エッチング等によって所定の深さで精度良く形成することで半導体素子とレンズの高さ合わせを無調整で行うことができる。また、溝部の軸線をレーザ光の光軸方向と略平行な方向としておき、この溝部に対し、レンズの外周面を少なくとも2面で面接触させるか又は少なくとも2箇所で線接触させる。これにより、その面接触の2面（又はその延長面）のなす角を2等分する面や、線接触の2線（又はその延長線）のなす角の2等分線が、溝部の軸線方向と平行になるように予め設定することで、レンズを溝部に設置するだけでレンズの傾きがゼロとなるようにすることができる。さらに、例えばレーザ光の光軸方向に平行な2線で線接触させる等、面接触の2面や線接触の2線の

鉛直断面内でみた角度を適宜設定することで、レンズを溝部に設置するだけでレンズの倒れがゼロとなるようにすることができる。以上により、レンズの位置調整においては、レンズと半導体素子との距離のみを合わせればよいので、例えば簡単なモニター装置によってその距離をモニターしつつ調整すれば足りる。したがって、半導体素子と光ファイバとの光結合の高効率化を図るために非球面レンズを用いる場合も、従来構造のように半導体素子を駆動させた状態で特殊な設備を用いることなく、短時間かつ容易な作業でレンズの位置調整を行うことができる。

【0009】(2) 上記(1)において、好ましくは、前記溝部は、その横断面形状が、略V字形状、略台形形状、及び略矩形形状のうちいずれか1つである。

【0010】(3) 上記(2)において、さらに好ましくは、前記溝部は、異方性エッチングによって形成されている。

【0011】(4) 上記(1)において、また好ましくは、前記レンズは、筒状部分を備えており、この筒状部分が、前記溝部に面接触するか又は少なくとも2箇所線接触するように前記溝部に直接固定されている。

【0012】(5) 上記(4)において、さらに好ましくは、前記レンズは、前記筒状部分のレンズ中心軸方向長さを $t$ 、該レンズの外径を $D$ としたとき、 $(1/15) \leq (t/D) < 1$ となるように構成されている。

$(t/D) \geq (1/15)$ とすることにより、レンズ外径に対する筒状部分の長さを十分大きくとり、レンズの倒れを確実に防止することができる。また、 $(t/D) < 1$ とすることにより、球面レンズのように収差が大きくなるのを防止してレーザ光の集光性を確保し、結合効率を確実に高くすることができる。

【0013】(6) 上記(5)において、さらに好ましくは、前記半導体素子から前記筒状部分までの距離を $L$ 、前記レンズの焦点距離を $f$ としたとき、 $0.7 \times (1/2) \times D \leq L \leq f$ となるように配置されている。 $0.7 \times (1/2) \times D \leq L$ とすることにより、半導体素子から筒状部分までの距離が過小となり溝部の端部に筒状部分が干渉するのを確実に防止することができる。また例えば、レンズを2つ用いて半導体素子と光ファイバとを結合させる場合に、半導体素子側のレンズの反半導体素子側はレーザ光を少なくとも平行方向に入射しなければならないが、 $L \leq f$ とすることにより、半導体素子から筒状部分までの距離が過大となりレーザ光が平行方向よりも広がってしまうのを確実に防止することができる。

【0014】(7) 上記(4)において、また好ましくは、前記レンズは、前記筒状部分の両側に位置し、レーザ入射側端部又は出射側端部となる2つの曲率部分を備えており、一方の曲率部分の前端から他方の曲率部分の後端までのレンズ厚さを $T$ としたとき、 $T < D$ となるよ

うに構成されている。組立時に、光結合損失の発生を低減し光結合効率を向上するため筒状部分を半導体素子に近づけようとしても、基板部材の溝部の端部に干渉してある程度以上は近づけられない場合があるが、レーザ入射側端部に曲率部分を備えていることにより、そのような場合もその曲率部分は干渉することなく筒状部分よりもさらに半導体素子側に近づけることができる。したがって、組立時における光結合損失の発生を最小限にすることができる。

【0015】(8) 上記目的を達成するために、また本発明は、半導体発光素子及び半導体受光素子のうち少なくとも一方からなる半導体素子と、この半導体素子を駆動制御する電子部品素子と、前記半導体素子及び前記電子部品素子を搭載する基板部材と、前記半導体素子と光学的に結合されレーザ光を内部伝送する光ファイバと、前記基板部材に搭載され、前記半導体素子と前記光ファイバとを光学的に結合させるレンズと、前記半導体素子を装置外部に電気的に接続するためのメタライズ配線及びリード端子と、前記基板部材を収納するケースと、前記光ファイバを内設し、前記ケースの一端に設けたパイプ端に取り付けられたフェルールとを有する光半導体装置において、前記基板部材は、軸線が半導体素子と前記光ファイバとの間のレーザ光の光軸方向と略同じ方向である溝部を備えており、前記レンズは、その外周面が前記溝部に少なくとも2面で面接触するか又は少なくとも2箇所線接触するように、前記溝部に直接固定されている。

【0016】(9) また上記目的を達成するために、上記(1)又は(8)の製造方法において、前記レンズを吸着部材で吸着し搬送して前記基板部材の溝部に載置し、前記吸着部材の吸着状態のまま前記半導体素子との距離が所定値となるように前記溝部上で前記レンズの位置を調整した後、弾性を備えた保持部材で前記レンズをその調整された位置に保持し、この保持状態のまま前記レンズを前記溝部に固定した後、前記吸着部材及び前記保持部材を前記レンズから取り外す。弾性を備えた保持部材でレンズを溝部に保持して固定することにより、レンズ外周面と溝部の接触部分に余分な外力が加わらず、レンズ外周面が溝部に自然に倣うように搭載できる。したがって、レンズを安定的に位置決めし固定することができるので、さらに確実にレンズの傾き・倒れを防止し、高い光結合効率を確保できる。特に、レンズが小径で肉厚が薄い場合に有効である。

【0017】(10) 上記(9)において、前記保持部材として、ワイヤ部材、テープ部材、バネ部材、衝撃吸収部材、及びこれらの部材を備えた構成部材のうち少なくとも1つを用いる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面を参照しつつ説明する。なお、各図においては、煩雑を避

けるために一部のメタライズ配線やワイヤボンディング、接着剤及びレーザ溶接等の図示を適宜省略している。本発明の第1の実施形態を図1～図4により説明する。本実施形態による光半導体装置の全体構造を表す水平断面図を図2に示す。

【0019】この図2において、光半導体装置は、半導体発光素子としてのレーザダイオード1及び半導体受光素子としてのフォトダイオード2と、これらレーザダイオード1及びフォトダイオード2を駆動制御する電子部品素子（図示せず）と、レーザダイオード1及びフォトダイオード2及び電子部品素子を搭載するシリコン基板4と、レーザダイオード1及びフォトダイオード2と光学的に結合されレーザ光を内部伝送する光ファイバ（図示せず、後述するフェルル9に内設）と、シリコン基板4に搭載され、レーザダイオード1及びフォトダイオード2と光ファイバとを光学的に結合させる非球面レンズ3と、レーザダイオード1及びフォトダイオード2を装置外部に電気的に接続するためのメタライズ配線12及びリード端子7と、シリコン基板4を収納するケース6と、光ファイバを内設し、ケース6の一端に設けたパイプ8端に取り付けられたフェルル9とを有しており、レーザダイオード1及びフォトダイオード2と光ファイバとの光結合を非球面レンズ3の単体で行うものである。

【0020】ケース6は、箱型形状を備えた例えばセラミックス材で構成されており、リード端子7を両側に4本づつ計8本備えている。このケース6の上面には、ケース6内部を外部と遮断するためのキャップ（図示せず）が接合されている。またこの箱型ケース6の寸法は、例えば、高さ（図2中紙面に垂直方向）が4.6mm、横幅（図2中上下方向）が7.4mm、長さ（図2中横方向）が10.0mmとなっており、リード端子7が例えば2.54mm間隔で設けられている。

【0021】パイプ8は、金属部材であり、フェルル9を取り付ける（後述）前に、あらかじめケース6に銀ろう付け（図示せず）で固定されている。

【0022】フェルル9は、光ファイバの素線を内設し固定しているジルコニア部材10と、光ファイバの被覆を固定している金属部材11とから構成されている。このフェルル9の取り付けの際は、非球面レンズ3から通ってきたレーザ光を光ファイバに入射させ、そのときの光ファイバ出力が最大となるように位置を調整した後、金属部材11をパイプ8端面にレーザ溶接（図示せず）で固定している。ジルコニア部材10の先端に露出した光ファイバの先端14は、レーザダイオード1から発振したレーザ光が光ファイバ先端14で反射戻り光としてレーザダイオード1に戻るのを防ぐために、図2に示すように斜めに加工されている。そしてこのとき、この斜め加工された光ファイバに対し効率良くレーザ光を入射させるため、レーザダイオード1と非球面レンズ3

の光軸を相対的に数十 $\mu\text{m}$ ずらしてレーザ光を斜めに出射させるとともに、レーザダイオード1や非球面レンズ3を搭載したシリコン基板4をケース6の中心からやや図2中下側にずらして設置することにより、非球面レンズ3から通ってきたレーザ光が図2中右上がり方向に出射させるようにしている。

【0023】本実施形態の光半導体装置の特徴の1つであるレンズ搭載構造を表す斜視図を図1に、その縦断面図及び側面図をそれぞれ図3（a）及び図3（b）に示す。これら図1、図3（a）、及び図3（b）において、レーザダイオード1とフォトダイオード2は、シリコン基板4の上面に形成したメタライズ配線12上のマーカー（図示せず）を目印にそれぞれ所定位置に位置決めして搭載されている。またこれらレーザダイオード1及びフォトダイオード2は、ワイヤボンディング13を介し、シリコン基板4上面のメタライズ配線12にそれぞれ電気的に接続されている。

【0024】シリコン基板4には、横断面形状が有底の略V字形状であるV溝5が異方性エッチングによって形成され、このV溝5は、両側の斜面5a、5bと底面5cとから構成されている（図3（b）参照）。また、V溝5は、その軸線がレーザダイオード1及びフォトダイオード2と光ファイバとの間のレーザ光の光軸方向と略平行な方向となっている。さらに、V溝5は、図3

（b）に示されるように側面形状及び横断面形状が逆等脚台形となっており、しかもこのとき、底面5cの鉛直方向高さは軸方向に一定（すなわち底面5cは水平面）となっている。なお、このシリコン基板4は、例えば厚さ（図3（a）中上下方向）が1.0mm、V溝5の深さが0.78mmとなっている。

【0025】非球面レンズ3は、レーザダイオード1から出射するレーザ光に対して入射端面と出射端面に曲率を設けた略円柱状形状となっており、主にガラスモールドあるいはプレス成形によって形成されている。詳細には、非球面レンズ3は、略円筒形状である筒状部分3aと、この筒状部分3aの両側に位置しレーザ入射側端面又は出射側端面となる2つの曲率部分3b、3cとから構成されており、筒状部分3aの外周面15がV溝5の両斜面5a、5bに対し2箇所線接触する（図3

（b）中の線接触部位16参照）ように、接着剤（図示せず）で直接接合固定されている（後に詳述）。また、レンズ3及びその周辺に関する各部寸法は、筒状部分3aのレンズ中心軸方向長さ $t$ （図3（a）参照）、レンズ3の外径 $D$ （同）、一方の曲率部分3bの前端から他方の曲率部分3cの後端までのレンズ厚さ $T$ 、及びレーザダイオード1から筒状部分3bまでの距離 $L$ が、

$$\begin{aligned} (1/15) &\leq (t/D) < 1 \\ 0.7 \times (D/2) &\leq L \leq 1.0 \times (D/2) \\ T &< D \end{aligned}$$

となるように構成・配置されている。具体的には、例え

ば、 $D=1.5\text{ mm}$ 、 $t=0.2\sim0.3\text{ mm}$ 、 $T=0.8\text{ mm}$ 、 $L=0.53\text{ mm}$ となっている。また、非球面レンズ3の開口数は0.55、焦点距離 $f=0.78\text{ mm}$ となっている。

【0026】次に、本実施形態のもう1つの特徴である、シリコン基板4のV溝5へのレンズ固定方法を図4を用いて説明する。

【0027】レンズ3を固定する際には、まず、非球面レンズ3をレンズ保持パイプ21で真空吸着して搬送し、レーザダイオード1とフォトダイオード2を搭載したシリコン基板4のV溝5に載置する。次に、レンズ3を吸着させた状態のままレンズ保持パイプ21をV溝5の軸方向に微小移動させ、シリコン基板4上のレーザダイオード1及びフォトダイオード2との距離が所定値になるように、V溝5内において非球面レンズ3の位置を調整する。

【0028】調整によって距離が所定値となったら、その状態で、ワイヤ保持具19に取り付けたワイヤ部材20を非球面レンズ3の外周面15に接触させ、さらにワイヤ保持具19を図4中矢印の方向に移動させ、非球面レンズ3の外周面15にワイヤ部材20を沿わせた状態で非球面レンズ3をV溝5に押し付け、非球面レンズ3をその調整された位置に保持する。なお、非球面レンズ3をワイヤ部材20で押し付けたときに、非球面レンズ3が微妙に位置ずれする可能性も全くないとは言えないが、その時の位置ずれ量は $10\mu\text{m}$ 以下、角度ずれ量は2度以下であることを本願発明者等は確認した。この程度の位置ずれ量及び角度ずれ量であれば、レーザダイオード1と光ファイバの光結合効率が大きく低下することではなく、問題はないことがわかった。

【0029】その後、非球面レンズ3をV溝5の所定位置に保持した状態で、接着剤（図示せず）を非球面レンズ3とV溝5が接触している部分（すなわち図3（b）の線接触部位16に相当）へ塗布して硬化させ、非球面レンズ3をV溝5に固定する。なお、このときの接着材としては、非球面レンズ3を保持した状態で短時間で硬化できる紫外線硬化接着剤が好ましい。

【0030】このようにして非球面レンズ3を固定した後、レンズ保持パイプ21及びワイヤ部材20をそれぞれ非球面レンズ3から取り外す。

【0031】以上のように構成した本実施形態の作用効果を以下に順次説明する。

【0032】（1）レンズ搭載構造による作用効果  
非球面レンズ3が異方性エッチングでシリコン基板4に形成したV溝5に直接固定されていることにより、予めV溝5を所定の深さで精度良く形成しておくことでレーザダイオード1のレーザ出射部及びフォトダイオード2のレーザ入射部と非球面レンズ3の光軸の高さ合わせを無調整で行うことができる。また、V溝5の軸線がレーザ光の光軸方向と略平行な方向であり、そしてこのV溝

5に対し非球面レンズ3の筒状部分3aの外周面15が2箇所の線接触部位16で線接触していることにより、非球面レンズ3をV溝5に設置するだけで非球面レンズ3の傾きがゼロとなる（すなわち非球面レンズ3の中心軸方向がレーザ光の光軸方向に一致する）。さらに、V溝5は、側面形状及び横断面形状が逆等脚台形で、かつ底面5cの鉛直方向高さが軸方向に一定となっていることにより、非球面レンズ3の筒状部分3aをV溝5に設置するだけで、非球面レンズ3の倒れがゼロとなる。これらの結果、非球面レンズ3の位置調整においては、図4を用いて上述したように、非球面レンズ3の前面とレーザダイオード1のレーザ出射部又はフォトダイオード2のレーザ入射部との間の距離合わせのみを行えばよいので、例えば簡単なモニター装置によってその距離を計測しつつ調整すれば足りる。したがって、従来構造のように半導体素子を駆動させた状態で特殊な設備を用いることなく、非球面レンズ3の位置調整を短時間かつ容易な作業で行うことができる。また、従来構造のようにレンズホルダを用いることなく非球面レンズ3をV溝5に直接固定するので、部品点数減少及び作業工程低減によってコストダウンを図ることができ、また装置の小型化を図ることもできるのでプリント基板への両面実装を容易に実現できるという効果もある。

【0033】（2）レンズ固定方法による作用効果  
シリコン基板4のV溝5へ非球面レンズ3を固定するとき、弾性を備えたワイヤ部材20で非球面レンズ3をV溝5に保持して固定することにより、レンズ外周面15とV溝5の接触部分（線接触部位16）に余分な外力が加わらず、レンズ外周面15がV溝5に自然に倣うように搭載できる。したがって、非球面レンズ3を安定的に位置決めし固定することができるので、上記（1）による効果に加え、さらに確実に非球面レンズ3の傾き・倒れを防止し、高い光結合効率を確保できる。特に、非球面レンズ3が小径で肉厚が薄い場合に有効である。

【0034】（3） $t/D$ の設定による作用効果  
 $t/D$ があまり小さすぎると、レンズ外径に対する筒状部分の長さが十分でなく、レンズの倒れを防止するのが困難となる可能性がある（図3（a）参照）。本願発明者等は、 $t/D$ の値を種々変えて検討した結果、レンズの倒れを確実に防止できる $t/D$ の下限値として $t/D=1/15$ が適当であると判断した。一方、 $t/D=1$ となると実質的に球面レンズに近くなるため、収差が大きくなってレーザ光の集光性が低下し、結合効率の向上が困難となる。本実施形態においては、前述したように、筒状部分3aのレンズ中心軸方向長さ $t$ 及び非球面レンズ3の外径 $D$ が $(1/15) \leq (t/D) < 1$ となっている。これにより、非球面レンズ3の倒れをさらに確実に防止することができるとともに、結合効率を確実に高く維持することができる。

【0035】（4） $L$ の設定による作用効果



Lがあまり小さすぎると、レーザダイオード1から筒状部分3aまでの距離が過小となりV溝5の端部に筒状部分3aが干渉する可能性がある(図3(a)参照)。本願発明者等は、特に異方性エッチングによるV溝5の端部斜面形状を考慮しつつLやDの値を種々変えて検討した結果、上記干渉を確実に防止できるLの下限値として $0.7 \times (D/2)$ が適当であると判断した。一方、レーザダイオード1から出射するレーザ光は通常30度前後に広がり角を持っているが、Lがあまりに大きくなるとその広がったレーザ光が十分に非球面レンズ3に入射しなくなる可能性がある。本願発明者等は、LやDの値を種々変えて検討した結果、レーザ光が十分に非球面レンズ3に入射できるLの上限値として $1.0 \times (D/2)$ が適当であると判断した。なお、このLの範囲を実現するための典型的な例としては、非球面レンズ3の開口数を0.5~0.6とし、また非球面レンズ3の焦点距離を0.7~0.9mmとすればよい。本実施形態においては、前述したように、非球面レンズ3の開口数を0.55、焦点距離を0.78mmとし、レーザダイオード1から筒状部分3aまでの距離Lを $0.7 \times (D/2) \leq L \leq 1.0 \times (D/2)$ を満足するように設定している。これにより、V溝5の端部に筒状部分3aが干渉するのを確実に防止できるとともに、レーザダイオード1からのレーザ光を非球面レンズ3に確実に効率良く入射させることができる。

#### 【0036】(5) その他

非球面レンズ3を組み立てる際、光結合損失の発生を低減し光結合効率を向上するため筒状部分3aをレーザダイオード1に近づけようとしても、シリコン基板4のV溝5の端部に干渉してある程度以上は近づけられない場合があるが、本実施形態においては、非球面レンズ3のレーザ入射側端部に曲率部分3bを備えていることにより、そのような場合もその曲率部分3bは干渉することなく筒状部分3aよりもさらにレーザダイオード1側に近づけることができる。したがって、組立時における光結合損失の発生を最小限にすることができる。

【0037】なお、上記第1の実施形態においては、半導体素子として、レーザダイオード1とフォトダイオード2との両方を備えている光半導体装置を例にとりて説明したが、これに限られず、いずれか一方のみを備えている光半導体装置にも適用でき、同様の効果を得る。

【0038】また、上記第1の実施形態においては、非球面レンズ3とレーザダイオード1との距離方向の調整は、モニター装置によってその距離を計測しつつ行ったが、これに限られず、あらかじめシリコン基板4に非球面レンズ3を位置合せするための目印(図示せず)を設けておき、これを目標に非球面レンズを搭載することで所定距離とするようにしても良い。この場合も同様の効果を得る。

【0039】さらに、上記第1の実施の形態において

は、非球面レンズ3を固定するためにシリコン基板4にV溝5を形成したが、これに限られるものではなく、例えば横断面形状が略台形状(等脚台形でないもの)や略矩形形状の溝であってもよい。これらの場合も、同様の効果を得る。

【0040】また、上記第1の実施形態においては、非球面レンズ3をV溝5に設置し押し付けた状態で線接触部位16に接着材を塗布したが、これに限られず、V溝5のうち非球面レンズ3が設置される部分にあらかじめ接着剤を塗布しておいても良い。この場合も同様の効果を得る。

【0041】さらに、上記第1の実施形態においては、非球面レンズ3を押し付ける部材としてワイヤ部材20を使用した。これに限られない。すなわち非球面レンズ3の外周面15がV溝5の面と線接触する際に余分な外力が加わらないような弾性を備えた部材であれば足り、テープ部材、バネ部材、衝撃吸収部材、及びこれらの部材を備えた他の構成部材等を用いても良い。またこのとき、例えば先端形状がピン形状、フラット形状、及びV字型形状等であっても良い。これらの場合も同様の効果を得る。

【0042】また、上記第1の実施形態においては、箱型ケース6の寸法を、高さ4.6mm、横幅7.4mm、長さ10.0mmとしているが、これらに限定されるものではない。すなわち、プリント基板への両面実装を可能にするには、ケース6の高さは少なくとも4.7mm以下とすれば足りる。そして、ケース6の高さを4.7mm以下とするためには、ケース6内に取り付ける非球面レンズ3の外径 $D=2.0$ mm以下とすれば足り、本実施形態のように $D=1.5$ mmに限られるものではない。

【0043】さらに、上記第1の実施形態においては、図3(b)に示されるように、レンズ外周面15とV溝5とは2つの線接触部位16、16で線接触したが、これに限られず、3つ以上の箇所でも線接触してもよい。例えば底面5cの高さをもっと上に上げて、底面5cもレンズ外周面15の最下部と線接触させる等が考えられる。これらの場合も、同様の効果を得る。さらに、線接触にも限られず、V溝5と2面で面接触するようにしてもよい。この場合の変形例を図5により説明する。図5は、この変形例におけるレンズ搭載構造を表す側面図であり、第1の実施形態の図3(b)にほぼ相当する図である。この図5に示すように、この変形例では、非球面レンズ3の筒状部分3aが略多角筒形状(正確には略十二角筒形状)となっており、その外周部15のうち2つの面15a、15bが、V溝5の両斜面5a、5bとの間に面接触部位22を形成している。すなわち、異方性エッチングで形成されるV溝5の斜面5a、5bの角度(例えば $54.7^\circ$ )に合わせて筒状部分3aの略多角筒形状が予め形成されており、これによって2つの面1



5a, 15bでの面接触を可能としている。略多角筒形状の筒状部分3aを備えた非球面レンズ3は、第1の実施形態同様、主にガラスモールドあるいはプレス成形によって、後加工の必要なく容易に形成することができる。なお、筒状部分3aの外周面15の多角形状は正多角形に限られるものではない。また、筒状部分3aは略多角筒形状にも限られず、外周面15に曲面と平面とが混在している筒形状でも良い。本変形例においては、面接触であることから、第1の実施形態よりも、非球面レンズ3をV溝5にさらに安定した状態で搭載できるという効果がある。

【0044】なお、2面による面接触に限られず、3面以上で面接触させてもよいことは言うまでもない。

【0045】本発明の第2の実施形態を図6により説明する。本実施形態による光半導体装置の全体構造を表す水平断面図を図6に示す。

【0046】この図6において、本実施形態による光半導体装置は、第1の実施形態の光半導体装置に、反射防止用の光アイソレータ17と、ケース6内の気密封止を行うためのガラス板18をそれぞれ追加固定した構造である。

【0047】光アイソレータ17は、例えば外径2.0mm、長さ2.6mmであり、ジルコニア部材10の光ファイバ先端14に位置するように、あらかじめ光アイソレータ付きフェルル9の一部として組み込まれている。このとき、光ファイバ先端14への光アイソレータ17の固定は、レーザ光の透過率の高い接着剤（図示せず）で空間が残らないように密着させて接合されている。その接着剤としては、紫外線硬化接着剤や熱硬化性接着剤がよく、紫外線硬化接着剤においても熱硬化併用型の接着剤が望ましい。また光アイソレータ17は、このような構造により、光アイソレータ17を単独で保持固定するようなホルダ部材等を使用せず、位置調整もフェルル9と一緒に行うことができる。すなわち、光アイソレータ17付きフェルル9をパイプ8端面に設置し、非球面レンズ3を通ってきたレーザ光を光ファイバに入射させ、光ファイバ出力が最大になるようにフェルル9を位置調整した後、フェルル9の金属部材11をパイプ8端面にレーザ溶接（図示せず）で固定する。このように、第1の実施形態で示した光ファイバの位置調整方法とほぼ同様にして調整を行うことができる。

【0048】ガラス板18は、非球面レンズ3と光アイソレータ17間のケース6側壁部に設置されている。このガラス板18は、ケース6の側壁に低融点ガラスあるいはAu80-Sn20共晶はんだで接合（図示せず）されており、このとき、非球面レンズ3を通ってきたレーザ光が反射戻り光としてレーザダイオード1に戻るのを防ぐため図示のように斜めに取り付けられている。このガラス板18の材質は例えばサファイアであり、レーザ光の入射面と出射面には反射防止用膜が多層膜形成さ

れている。

【0049】その他の構造は、第1の実施形態とほぼ同様である。

【0050】本実施の形態によれば、第1の実施形態と同様の効果に加え、以下の効果がある。すなわち、光アイソレータ17を非球面レンズ3と光ファイバとの間に設置することにより、光ファイバ先端14での反射やシステム側からの反射でレーザダイオード1に返ってくる戻り光をほとんど取り除き、低減することができる。したがって、第1の実施形態の光半導体装置よりも、さらにレーザダイオード1を安定かつ高速動作させることが可能で、伝送容量を高めた光半導体装置を実現することができる。また、ケース6の側壁にガラス板18を取り付け、かつケース6の上面にキャップ（図示せず）を取り付けることで、ケース6内部を完全気密封止することができるので、湿気の浸入によるレーザダイオード1の不安定動作、寿命低下を防ぐことができ、信頼性を向上することができる。

【0051】なお、上記第1及び第2の実施形態においては、レーザダイオード1及びフォトダイオード2と光ファイバの光結合を1つの非球面レンズ3単体で行う光半導体装置を例にとって説明したが、これに限られない。すなわち、少なくとも1つの非球面レンズを用いる結合光学系であれば、そのうち非球面レンズ3の搭載構造及び搭載方法について上記第1及び第2の実施形態と同様の構成及び方法を適用することができるので、これらの場合も同様の効果を得ることができる。また、このように少なくとも1つの非球面レンズ3を含む複数のレンズを用いて結合光学系を形成する場合は、上記第1の実施形態における（4）で説明したLの設定の上限値はもっと大きくても良い。すなわち、例えばレンズを2つ用いてレーザダイオード1と光ファイバとを結合させる場合で、レーザダイオード1側のレンズに非球面レンズ3を用いるときは、その非球面レンズ3の後面側（反フォトダイオード1側）はレーザ光を少なくとも平行方向に出射すれば足りる。この場合、Lの値を焦点距離f以下とすれば、レーザ光が平行方向よりも広がってしまうのを確実に防止できるので、Lの上限値はfとすれば足りる。すなわち、この場合のLの設定は、 $0.7 \times (D/2) \leq L \leq f$ となる。

【0052】

【発明の効果】本発明によれば、特殊な設備を用いることなく、短時間かつ容易な作業で非球面レンズの位置調整を行い、高い効率で半導体素子と光ファイバとを光結合させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態による光半導体装置の要部であるレンズ搭載構造を表す斜視図である。

【図2】図1に示した光半導体装置の全体構造を表す水平断面図である。

【図3】図1に示した構造の縦断面図及び側面図である。

【図4】シリコン基板V溝へのレンズ固定方法を示す図である。

【図5】第1の実施形態の変形例におけるレンズ搭載構造を表す側面図である。

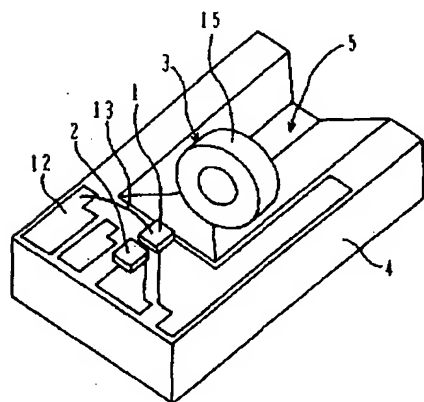
【図6】本発明の第2の実施形態による光半導体装置の全体構造を表す水平断面図である。

【符号の説明】

- |   |                   |
|---|-------------------|
| 1 | レーザダイオード（半導体発光素子） |
| 2 | フォトダイオード（半導体受光素子） |
| 3 | 非球面レンズ（レンズ）       |
| 4 | シリコン基板（基板部材）      |

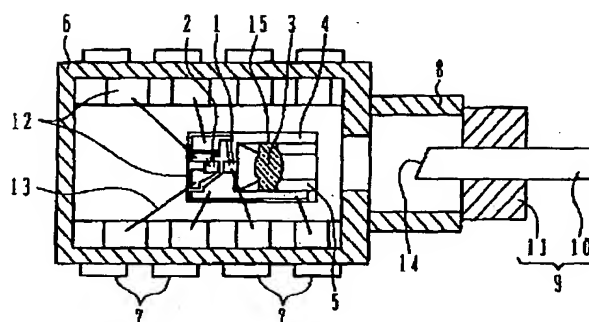
- |    |                |
|----|----------------|
| 5  | V溝（溝部）         |
| 6  | ケース            |
| 7  | リード端子          |
| 8  | パイプ            |
| 9  | フェルルール         |
| 12 | メタライズ配線        |
| 13 | ワイヤボンディング      |
| 15 | レンズ外周面         |
| 16 | 線接触部位          |
| 19 | ワイヤ保持具         |
| 20 | ワイヤ部材（保持部材）    |
| 21 | レンズ保持パイプ（吸着部材） |
| 22 | 面接触部位          |

【図1】



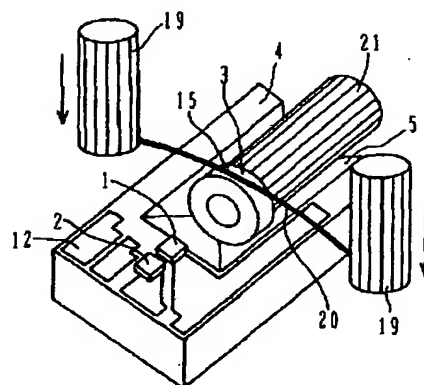
- |     |                   |
|-----|-------------------|
| 1:  | レーザダイオード（半導体発光素子） |
| 2:  | フォトダイオード（半導体受光素子） |
| 3:  | 非球面レンズ（レンズ）       |
| 4:  | シリコン基板（基板部材）      |
| 5:  | V溝（溝部）            |
| 12: | メタライズ配線           |
| 13: | ワイヤボンディング         |
| 15: | レンズ外周面            |

【図2】



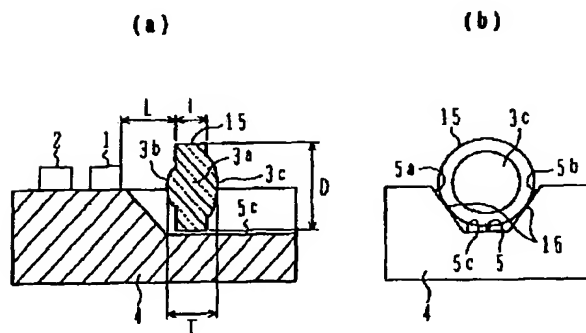
- |    |        |
|----|--------|
| 6: | ケース    |
| 7: | リード端子  |
| 8: | パイプ    |
| 9: | フェルルール |

【図4】



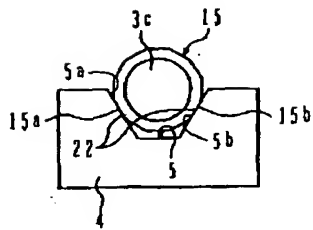
- |     |                |
|-----|----------------|
| 19: | ワイヤ保持具         |
| 20: | ワイヤ部材（保持部材）    |
| 21: | レンズ保持パイプ（吸着部材） |

【図3】



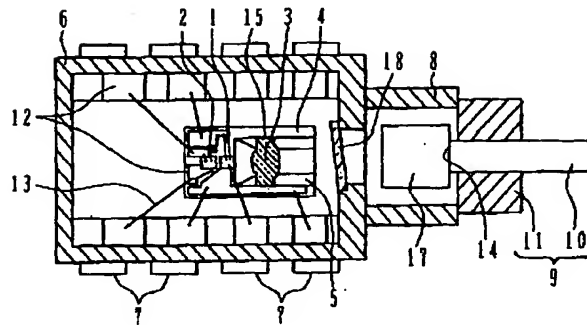
16:線接触部位

【図5】



22:面接触部位

【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 吉田 幸司  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 菊池 悟  
埼玉県入間郡毛呂山町旭台15番地 日立東  
部セミコンダクタ株式会社内

(72)発明者 石川 忠明  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内